



TITLE:

繰り返し変形に伴う部材挙動評価
に基づく超高層建物の長周期地震
動に対する安全性評価(
Abstract_要旨)

AUTHOR(S):

鈴木, 芳隆

CITATION:

鈴木, 芳隆. 繰り返し変形に伴う部材挙動評価に基づく超高層建物の長
周期地震動に対する安全性評価. 京都大学, 2016, 博士(工学)

ISSUE DATE:

2016-09-23

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.r13052>

RIGHT:

京都大学	博士（工学）	氏名	鈴木 芳隆
論文題目	繰り返し変形に伴う部材挙動評価に基づく 超高層建物の長周期地震動に対する安全性評価		
<p>（論文内容の要旨）</p> <p>本論文では，長周期地震動を受ける際の超高層建物の揺れの特徴である，長い継続時間の繰り返し変形に着目し，長周期地震動を受ける際に超高層建物を構成する部材が被る挙動を適切に取り入れて，長周期地震時における耐震安全性を評価することを目的とし，鉄筋コンクリート造超高層建物の長周期地震動に対する安全性評価，鉄骨造超高層建物の長周期地震動に対する安全性評価，エレベータ・ロープの振動と長尺物振れ管制運転を詳細に検討している。本論文は下記に示す全 5 章から構成されている。</p> <p>第 1 章は序論として，本研究の背景と関連する既往の研究と現状の問題点，論文全体の構成について述べている。</p> <p>第 2 章では，鉄筋コンクリート造超高層建物の長周期地震動に対する安全性を検討している。まず，鉄筋コンクリート部材の柱実験，梁実験，柱梁接合部実験を概観し，繰り返し変形に伴う部材の劣化は，特に梁部材に明瞭にみられること，その劣化の特徴は，復元力履歴特性上で逆 S 字型のスリップ型履歴への移行と，指向点の移動で代表されることを明らかにしている。通常的设计解析で多用される部材復元力履歴特性モデルには，それらの影響は考慮されていないため，本研究では逆 S 字型のスリップ型履歴への移行と指向点の移動を，過去の吸収エネルギー量に基づいて適切に表現できる劣化型復元力履歴特性モデルを新たに提案している。また提案モデルの妥当性を，大型振動台を用いた 20 層鉄筋コンクリート造純ラーメン架構実験に対するシミュレーションを通じて検討した結果，従来用いられている劣化を考慮しないモデルに対する提案モデルの優位性を確認している。さらに提案モデルを用いて，鉄筋コンクリート造超高層建物が長周期地震動に対して有する機能性・安全性と崩壊に対する余裕度を検討している。</p> <p>第 3 章では，鉄骨造超高層建物の長周期地震動に対する安全性を検討している。劣化型復元力履歴特性を用いない通常の地震応答解析においては，繰り返し塑性変形性能曲線を用いた損傷評価が必要となる。本章では，立体精算骨組モデルによる部材応答に基づいて，Miner 則を仮定して損傷度を加算してゆく方法を精算法と位置づけ，その略算法として，部材塑性率と部材累積塑性変形倍率を用いる方法や，質点系モデルによる層応答を参照して部材応答を推定する方法を提案している。また，これら略算法は，精算法に比べて部材損傷度を安全側に評価できることを検証している。</p>			

京都大学	博士（工学）	氏名	鈴木 芳隆
<p>さらに本章では、長周期地震動を受ける際に鉄骨造建物に想定される部材の劣化を考慮した復元力履歴特性と、それを適用した地震応答解析による安全性評価方法にも検討を加えている。鉄骨造建物を構成する各部材について、繰り返し塑性変形性能を確認するために実施された一連の要素実験，部分架構実験，骨組実験を参照して，応答への影響が大きい劣化事象として，梁端下フランジ破断を同定したうえで，この劣化事象を適切に表現できる劣化型復元力履歴特性を提案している。また，提案モデルを超高層建物モデルの地震応答解析に適用し，梁端下フランジ破断が生じると特定層に変形が集中する傾向があること，その場合でも即座に建物が倒壊・崩壊するような大変形には至らないことを見いだしている。さらに，部材の塑性変形能力を変数として長周期地震動に対する鉄骨造建物の安全性を検討し，部材塑性変形能力が 4 倍あれば，設計用地震動の 1.5 倍程度の入力まで梁端破断は生じないことを確認している。</p> <p>第 4 章では，長周期地震時に想定されるエレベータ・ロープ揺れの応答解析手法について検討している。精算方法として差分法による解析法を選択し，超高層建物の振動実験によるエレベータ・ロープ揺れ実測結果との照合から，同解析法の妥当性を検証している。次いで，長周期地震動を受けて被害のあった超高層建物の揺れとエレベータ・ロープの揺れ，さらに地震時管制運転によるエレベータ籠の運行を推定し，長周期地震時には，ロープ揺れが成長している間は停止を継続する運行管理が最適であることを同定したうえで，その際に必要となる簡易かつ高速計算が可能な応答解析手法を提案している。さらに，これらの要求性能を満たす管制運転装置を設計し，実観測記録を用いたシミュレーションにより，提案管制運転方法の妥当性を検証している。</p> <p>第 5 章では，各章で得られた知見をまとめている。</p>			

(論文審査の結果の要旨)

近未来に南海トラフ巨大地震が発生する懸念が高まるなか、堆積盆地においては特に長周期地震動の発生が危惧され、そこに立つ超高層建物は、従来の耐震設計では想定されていなかった揺れを受けて甚大な構造・機能損傷が生じる可能性が指摘されている。本論文は、この可能性に対する的確な回答とその評価手順の確立を射程とし、鉄筋コンクリート（RC）造建物と鉄骨造建物について、繰り返し変形に伴う部材劣化挙動を追跡できる解析モデルを提案したうえで、長周期地震動に対する超高層建物の挙動と安全性評価に取り組んでいる。また超高層建物の機能維持に不可欠なエレベータに着目し、建物の繰り返し変形に呼応したロープ振動を評価し、それに基づく管制運転方法を提案している。本研究の際だった知見は下記に要約できる。

(1) RC造超高層建物の挙動評価に資する部材実験を実施し、繰り返し変形に対する梁の劣化挙動を再現できる劣化型モデルを提案している。部材実験への数値解析に加え、20階建超高層建物に対する解析結果を同建物に対する大規模振動台実験結果と比較することにより、提案劣化型モデルの妥当性を検証している。また、提案劣化型モデルを用いた一連の建物応答解析から、梁部材の劣化が一部に生じてても、劣化を考慮しない従来の解析と比べて変形の増加は限られていることを見いだしている。

(2) 鉄骨造超高層建物の挙動評価に資する、繰り返し変形に伴う梁端下フランジ破断に起因する劣化挙動を組み込んだ劣化型モデルを提案し、実大骨組実験のシミュレーション解析によって提案モデルの妥当性を検証している。また一連の建物応答解析から、梁端下フランジ破断に伴う急激な劣化の発生・進展は、特定層への変形集中と大変形をもたらす可能性があること、この変形集中は劣化を考慮しない従来の解析では再現できないこと、このような大変形が生じた場合においても即座に建物は倒壊・崩壊しないことを明らかにしている。

(3) 繰り返し変形下におけるエレベータ用ロープの振動に伴う事故防止のため、ロープ挙動を追跡できるモデルを構築し、別途実施した実建物による振動実験結果との照合から、このモデルの妥当性を検証している。また、ロープの揺れを評価できる簡易応答評価方法を提案し、それに基づくエレベータ管制運転方法を提案している。

以上、本論文は、長周期地震動に対する繰り返し変形を考慮した耐震安全性評価方法に関し、繰り返し変形による実験、それに基づく実用的な解析モデルの提案、また耐震安全性評価方法を提案したもので、学術上、実用上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成28年7月25日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。